

IMPROVEMENT OF TOUSCHEK LIFE TIME USING IN-GAP SEXTUPOLE WINDING AT NEWSUBARU

Yasuhiro Takemura^{1,A)}, Takahide Shinomoto^{A)}, Yasuyuki Minagawa^{A)}, Yoshihiko shoji^{B)}

^{A)} JASRI/Spring-8, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

^{B)} LASTI/NewSUBARU, University of Hyogo, 1-1-2 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

Abstract

We report the status of parameter tuning of the in-gap sextupole winding at NewSUBARU for the user operation. At 1 GeV with the undulator's gap closed, we succeeded to elongate the beam lifetime but the injection efficiency was not stable. At 1.5 GeV the tuning is still on the way and we did not have any improvement.

ニュースバルに於ける逆偏向電磁石内 6 極コイルによる タウシェック寿命改善

1. はじめに

現在、ニュースバルでは 1 GeV 運転においても 1.5GeV 運転においても Touschek 寿命がほぼ電子ビームの寿命を決めている為^[1]、Touschek 寿命の改善は直接リング性能改善に繋がる。1GeV では top-up 運転をしているが、入射可能な電子数に放射線安全上の制限が有るため、電子ビームの寿命が長いほど蓄積電流値が上がる。

Touschek 寿命を決定している要因の一つは energy acceptance であり、これには RF bucket size と mechanical acceptance が関係している。ニュースバルの場合、 $dE > 0$ 方向と $dE < 0$ 方向で RF bucket size の非対称性が大きく、mechanical acceptance を一杯に使う事ができていないと考えられる^[2]。従って、momentum compaction factor の高次項を調整する事で上記の非対称性を修正し、mechanical acceptance を一杯に使えるようにすれば、Touschek 寿命が向上すると期待できる。

ニュースバルの分散部には chromaticity 制御用の 2つの 6 極グループ SF, SD に加えて SB (6 極磁場発生コイル; 図 1) が設置されており、2 次の momentum compaction factor に対応するシンクロトン振動の chromaticity を制御が可能である。我々は昨年 1GeV で SB 励磁試験を行い、beam を使った SB のパラメーター計測結果と Touschek 寿命改善について、2010 年に報告した^[3]。図 2 に示すように、SB の励磁パラメーター K_{SB} による energy acceptance の変化は、最適寿命を与える RF 電圧 (V_{RF}) の上昇と、beam 寿命の延びとして観測された。

今回は次のステップである、営業運転用の調整結果について報告する。つまり、1.5GeV 運転時の寿命と、1GeV 運転時ならば undulator gap を閉じた状態での寿命改善と入射である。

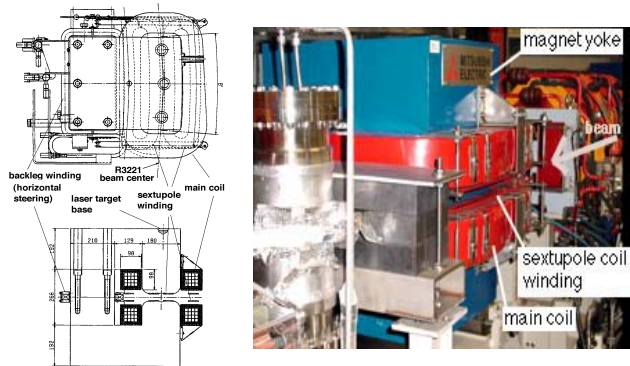


図 1: 逆偏向電磁石内 6 極磁場発生コイル

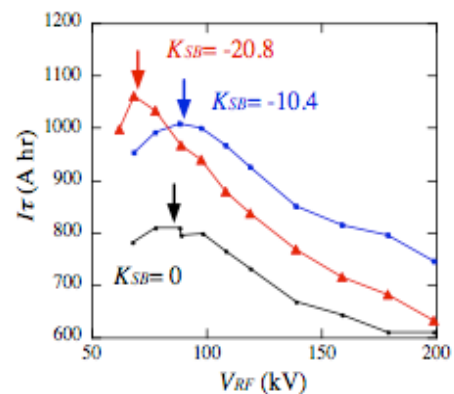


図 2: Beam life time の RF 電圧依存

2. Beam size の確認

図 2 が示している低い RF 電圧での寿命の延びは、単純な energy acceptance 拡大では説明できない。SB の不整磁場によって beam size が広がり、Touschek

#ytakemura@spring8.or.jp

寿命が延びているとしたら問題で、放射光利用条件を一定とする為に、beam size を戻さなければならない。

当然ながら、SB 励磁による線形パラメーター変化は近隣の電磁石で補償し、betatron tune, transverse chromaticity, achromatic condition (dispersion), synchrotron tune は同じ値である。また、寿命測定時の蓄積電流と bucket filling pattern も変えていない。Skew Q 成分は変化しているが vertical beam size は変わらないと考えているのは、beam shaker による beam size 拡大が支配的な為である。

可視放射光ビームモニターポート SR5^[4]にて、 $K_{SB}=0, -10.4, -20.8$ の 3 つの設定で励磁させ beam size を測定した結果を表 1 と図 3 に示す。Beam size に明らかな変化は見受けられない。数%の変化があった可能性はあるが、 $K_{SB}=0$ に対し $K_{SB}=-10.4$ での寿命改善は beam size 変化より大きい。

表 1 : Beam size(FWHM)for different SB

SB	X (ch)	Y (ch)	s (ps)
$K_{SB}=0$	24.7	42.3	45.0
$K_{SB}=-10.4$	25.6	42.0	43.1
$K_{SB}=-20.8$	24.9	45.0	42.0

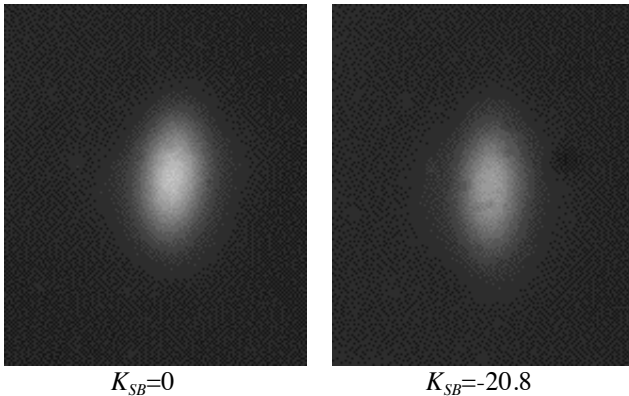


図 3 : SR5 beam profile for $K_{SB}=0$ and $K_{SB}=-20.8$

3. 営業運転に向けたパラメーター設定

3.1 undulator gap close での寿命

既に 1GeV では、長寿命と十分な入射効率を確認済であるが、undulator を使用しない状態であった。通常運転は 2 台の undulator のギャップを閉じた状態で top-up 運転を行う。最も頻度の高い運転状態は、Long Undulator gap=34.8mm、Short Undulator gap=40.0mm であり、実用に用いるには、この状態で長寿命であるだけでなく、十分な入射効率も必要である。

Undulator を上記設定にして SB を励磁し、図 2 と同様の beam 寿命の RF 電圧依存を測定した結果を

図 4 に示す。Undulator gap open では $K_{SB}=-15.6$ が最適であったが、undulator gap close で $K_{SB}=-15.6$ では最適 V_{RF} はむしろ低くなってしまい、energy acceptance が最大となるのは $K_{SB}=-10.4$ あたりであった。Undulator 設置位置の linear dispersion はゼロだが、高次の dispersion はゼロになっていない。その為に、高次の momentum compaction factor が gap 依存を持つ可能性がある。

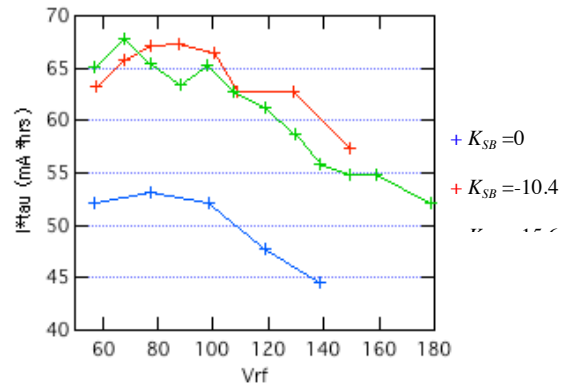


図 4 : Beam lifetime の RF 電圧依存

ビーム寿命は、 $K_{SB}=0$ であっても、gap を閉じると劣化する。 $K_{SB}=-10.4$ でも同様に寿命は劣化するが、 $K_{SB}=0$ より長い寿命が得られる。

3.2 入射効率

入射効率も gap を閉じると劣化するが、 $K_{SB}=-10.4$ では劣化が大きく、約 35%まで劣化した。これに対しては tune の最適化や Long Undulator 用補正電磁石調整^[5]など、通常必要とされない調整が必要であった。調整により、入射効率を通常営業運転の状態 (50~55%) まで改善する事が出来た。但し、別の運転サイクルではこの入射効率は再現せず、この問題は解決に至っていない。

3.3 1.5GeV での寿命

ニュースバルのもう一つの運転モードは、1GeV から加速して行く 1.5GeV 運転である。入射はできないので、寿命改善だけを期待すれば良い。

1.5GeV に加速し、 $K_{SB}=0$ と -5.2 で寿命を比較する。詳細なパラメーター調整を省いたため、linear parameter はやや変化してしまっている。また、 K_{SB} を変化させる過程でビームが失われたので、horizontal chromaticity を上げた点も 1GeV とは異なる。

$K_{SB}=0, -5.2$ おける beam 寿命の RF 電圧依存を測定した結果を図 5 に示す。 $K_{SB}=0$ では営業運転時の RF 電圧は $V_{rf}=240kV$ なので、寿命に対する最適値 ($V_{rf}=228kV$)より高い。 $K_{SB}=-5.2$ と $K_{SB}=0$ 比較すると、 $K_{SB}=-5.2$ に励磁すると RF 電圧の最適値 ($V_{rf}=218kV$) が低くなった。 $K_{SB}=-5.2$ ではパラメーターを変更 (tune)した $K_{SB}=0$ に比べ、寿命は約 1%延びた。しか

し α_p が 20%大きくなっている事を考慮するとバンチ長は 10%程度伸びているはずで、これから期待できる Touschek 寿命の伸びを考慮すると momentum acceptance はむしろ劣化した可能性が高い。

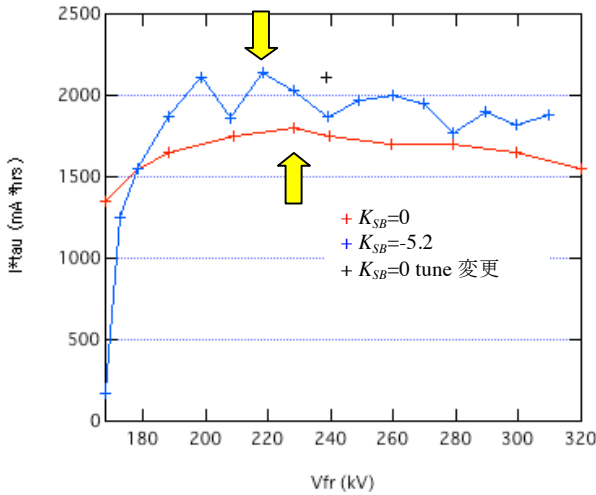


図 5 : Beam lifetime の RF 電圧依存. $K_{SB}=0$ での RF 電圧依存は別の日に測定したもの。このときの寿命が短いのは、ビームラインの真空トラブルが原因であった。

$K_{SB}=0$ と -5.2 で測定したパラメーターを表 2 に示す。RF bucket 非対称性解消の目安が $\xi_s=0$ であり、1GeV では $K_{SB}=-20.8$ で実現した。ところが 1.5GeV では $K_{SB}=-5.2$ への励磁によって ξ_s が $-$ 側へ変化し、絶対値が大きくなっていた。ここに問題があったと考えられる。

表 2 : 1.5GeV での tune と chromaticity.

SB	$K_{SB}=0$ ($\alpha_p=0.00165$)			$K_{SB}=-5.2$ ($\alpha_p=0.00193$)		
	H	V	S	H	V	S
ν	6.2676	2.2116	0.0029	6.2557	2.2116	0.0032
ξ	0.88	5.10	-0.128	2.68	7.17	-0.149

まとめ

1GeV 運転で $K_{SB}=-10.4$ に励磁して undulator gap close 時でも beam 寿命が 20%程度延びる事を確認した。

また SR5 でビームプロファイルを測定し、SB を励磁しても beam 寿命改善をもたらす beam size 変化がない事を確認した。

しかし undulator gap を閉じた状態での入射効率劣化が未解決であるため、この運転パラメーターを利用運転に使用する事はできない。

更に、1.5GeV での SB 励磁試験を実施したが明確な beam 寿命の改善は得られなかった。パラメー

ター設定が甘かったためと考えている。

参考文献

- [1] 陳彩華 et al., "Research on the High-Brightness Operation of NewSUBARU" 本会プロシーディング
- [2] Y. Shoji, S. Hisao, T. Matsubara, T. Asaka, "Estimation of non-linear RF bucket of NewSUBARU", Proc. of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Nov. 11-13, 2003, Tsukuba, pp.527-529.
- [3] T. Shinomoto et al., "COMMISSIONING OF IN-GAP SEXTUPOLE WINDING AT NewSUBARU", 第 7 回日本加速器学会年会報告集, 2010, p.942-944
- [4] Y. Shoji et al., "BEAM HALO MONITOR OF NewSUBARU" 本会プロシーディング
- [5] Y. Minagawa et al., "IMPROVED PERFORMANCE OF NewSUBARU USING MULTI-ELEMENT CORRECTOR MAGNET" 本会プロシーディング